

O IMPACTO DA BLOCKCHAIN: DESAFIOS PARA A ORDEM JURÍDICA E PARA OS MERCADOS ENERGÉTICOS

THE IMPACT OF BLOCKCHAIN: CHALLENGES TO THE LEGAL SYSTEM AND TO ENERGY MARKETS

Francisco Paes Marques¹

João Marques Mendes²

RESUMO: Este artigo pretende abordar os desafios que a tecnologia *blockchain* coloca à ordem jurídica, com especial enfoque no sector energético. A *blockchain* (ou cadeia de blocos) é um livro-razão que permite a realização de transações e o armazenamento de informações sobre as mesmas. Contudo, ao contrário das bases de dados tradicionais, a *blockchain* caracteriza-se pela descentralização: a informação é mantida numa rede de computadores na posse de praticamente todos os participantes, os quais validam as transações segundo regras predeterminadas e se encontram permanentemente sincronizados entre si. Devido a este conceito inovador, ao qual acrescem a forte encriptação e os algoritmos matemáticos que contribuem para a segurança da *blockchain*, prevê-se que, com o tempo, a tecnologia *blockchain* possa eliminar ou pelo menos reduzir a importância dos intermediários, reduzindo os custos de transação e permitindo o surgimento nos mercados energéticos de novos modelos de negócio baseados em transações interpares. Juntamente com a Internet das Coisas, a *blockchain* pode permitir que cada família ou comunidade programe as suas opções sobre onde e quando comprar ou vender eletricidade num determinado momento. Trata-se de uma tecnologia ainda recente e em fase de maturação, que enfrenta e terá de vencer importantes desafios tecnológicos, práticos e jurídicos antes de estar preparada para uma adoção generalizada. Não obstante ter potencial para nos transportar para uma nova era de transações, nunca poderá converter-se numa dimensão livre do Direito, suscitando nos mercados energéticos, atendendo à dependência tecnológica e dimensão estratégico-política do sector energético, problemas especialmente delicados de regulação jurídica.

Palavras-chave: *Blockchain*, Energia, Inovação, Digitalização.

ABSTRACT: This article aims to address the challenges the blockchain technology poses to the legal system, with a special focus on the energy sector. Blockchain is a ledger

1 Doutoramento em direito (Ciências Jurídico-Políticas na Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa) com uma dissertação intitulada “Conflitos entre particulares de oposição reversível no Contencioso Administrativo”, sendo também mestre e licenciado pela mesma faculdade. fpaesmarques@fd.ulisboa.pt

2 Licenciado em Direito na Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa, advogado na CMS Rui Pena & Arnaut desde 2009, onde tem exercido a sua atividade com especial enfoque nas áreas do direito público e direito da energia. joaomarquesmendes@gmail.com

that allows for the carrying out of transactions and storing of information thereof. However, unlike traditional databases, blockchain is decentralized: information is kept across a network of computers owned by, virtually, any participant, which validate transactions according to predetermined rules and that are permanently synchronized among each other. Due to this innovative concept, together with the heavy encryption and mathematical algorithms which help making blockchain secure, it is expected that, in time, blockchain may eliminate or at least reduce the importance of middlemen, reducing transaction costs and allowing new business models on energy markets based on peer-to-peer transactions. Together with the Internet of Things, blockchain may allow for each household or community to program its options as to when and where to buy or sell electricity at any given moment. The technology is still recent and immature and faces important technological, practical and legal challenges, which require solutions before it is prepared for widespread adoption. Although it has the potential to bring us to a new era of transacting, it may never become a free dimension of the legal system, and particularly delicate problems are raised in the energy sector, due to its technological dependency and political dimension.

Keywords: Blockchain, Energy, Innovation, Digitalization.

1. INTRODUÇÃO

Vivemos num mundo cada vez mais eletrificado. A eletricidade invadiu sectores antes alimentados por outras formas de energia, como os transportes ou o aquecimento. De igual modo, a produção de eletricidade surge cada vez mais descentralizada e descarbonizada. Em vez das grandes centrais elétricas do passado, o investimento é agora canalizado para pequenas ou médias centrais de energia eólica, hidroelétrica e solar, as quais satisfarão a maioria das nossas necessidades energéticas futuras. Estas são algumas das principais tendências do sistema elétrico atual identificadas pelo Fórum Económico Mundial¹. A outra é a digitalização.

A digitalização conquistou todas as atividades económicas e o sector elétrico não é exceção. Antevê-se uma revolução nas redes de eletricidade que as tornará mais digitais, bidirecionais e inteligentes, acomodando a integração em larga escala da auto-produção de eletricidade (tendente à auto-suficiência), o armazenamento de eletricidade, os veículos elétricos e uma série de dispositivos que, uma vez ligados à Internet, poderão comunicar com a rede².

Mas a digitalização do sector elétrico poderá não se cingir à reinvenção dos seus componentes físicos. A esta reinvenção do hardware poderá juntar-se a inovação do software ao nível da gestão da rede elétrica. É aqui que a blockchain entra em cena.

2. DEFINIÇÃO, VANTAGENS E DESVANTAGENS DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN

2.1 DEFINIÇÃO DE BLOCKCHAIN

A tecnologia *blockchain* designa-se tecnicamente por tecnologia do livro-razão

distribuído. Trata-se de uma tecnologia de armazenamento e validação de dados que difere das tecnologias tradicionais pela sua descentralização. Mais precisamente, em vez de armazenar os dados numa única localização (um computador ou conjunto de computadores), armazena-os em simultâneo e em permanente sincronização nos computadores de todos os utilizadores ligados à rede, que validam permanentemente as transações nela efetuadas segundo regras predeterminadas (um protocolo de consenso) e de forma transparente³. De um modo lapidar, pode afirmar-se que este é um meio que permite aos diversos sujeitos concordarem sobre um particular estado de coisas e registar esse acordo de uma forma segura, fiável e controlável⁴.

A tecnologia *blockchain* é conhecida pela maioria das pessoas por ser a plataforma de suporte da *Bitcoin*. Mas, na verdade, pode ser utilizada para armazenar e transacionar qualquer ativo digital (por exemplo, uma criptomoeda ou um certificado digital), assim como representações digitais (ou testemunhos) de ativos físicos. É um livro-razão: mantém um registo contínuo (crescente) e completo de dados e transações. É um livro-razão digital que se distingue essencialmente por ser descentralizado ou distribuído, ou seja, é mantido em simultâneo numa rede de computadores ou nós (isto é, por praticamente qualquer utilizador da *blockchain*) permanente e automaticamente sincronizados entre si, o que faz com que seja replicado de forma igual numa rede de nós. Não é centralizado. Nenhuma das partes envolvidas controla o armazenamento ou a validade dos dados. Também não depende de nenhum nó em particular: se um nó se desligar, o sistema permanece ativo⁵. Em suma, é possível afirmar que a *blockchain* apresenta três características estruturantes: i) descentralização; ii) anonimidade; iii) imutabilidade. Será, portanto, em torno destes eixos que se irão colocar os desafios à ciência jurídica que procuraremos recensear e debater neste estudo, com especial enfoque no sector energético.

2.2 VANTAGENS DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN

Apesar de ser uma tecnologia na sua infância, a virtude da *blockchain* reside no seu potencial para permitir transações interpares (*peer to peer*) diretas, sem a necessidade de intermediários⁶. Podemos apontar três principais vantagens da *blockchain*: i) eficiência e poupança de recursos; ii) abertura e transparência; iii) segurança e fiabilidade⁷.

Em primeiro lugar, a *blockchain* permite que as transações comerciais se realizem com muito maior eficiência, de uma forma muito mais rápida e com uma poupança de recursos muito significativa. Na aquisição de bens e serviços os compradores emitem ordens de aquisição, os vendedores faturas, os transportadores guias de transporte e os bancos libertam os recursos financeiros necessários. Todos estes atos pressupõem acordos, cláusulas contratuais e instrumentos que garantam o rastreamento, a entrega e o pagamento do bem ou do serviço. Através da *blockchain*, contudo, será possível que se eliminem as mediações e as partes que validam documentos, que realizam atos verificativos ou que libertam fundos. Por conseguinte, a *blockchain* permite suportar contratos inteligentes (que não são exclusivos desta tecnologia, mas podem ser alavancados pela mesma) e automatizar as transações. Os contratos inteligentes são códigos informáticos destinados a replicar um contrato, com a diferença de que o código se auto-executa com base na verificação de condições objetivas (por exemplo, um contrato que garanta o pagamento aquando da transferência de eletricidade ou gás natural). O código é determinístico, ordenando, basicamente, “faz isto se acontecer

aquilo”: desencadeia a transferência de um ativo ou pagamento com base em determinados pressupostos objetivos que as partes se comprometem a aceitar. Nesta medida, há quem entenda, inclusivamente, que a forma mais avançada de utilização da tecnologia *Blockchain* são os denominados “*Smart Contracts*”: algoritmos informáticos que executam automaticamente os termos contratuais, verificadas as condições previamente programadas (GOMES, 2018; p.42).

Em segundo lugar, a *blockchain* visa ser uma plataforma aberta e transparente. Os dados nela armazenados podem ser auditados e consultados por toda a gente (ou por quem tiver autorização para tal). Assim, diz-se que as cadeias de blocos criam uma pista de auditoria imutável, que pode ser observada, mas não alterada, por qualquer pessoa⁸. É por este motivo que pode permitir transações interpares sem a necessidade de um intermediário, pois consegue gerar confiança entre partes que não se conhecem entre si, donde a designação “*máquina de confiança*” cunhada pelo *Economist*⁹. A tecnologia *blockchain* pode reduzir acentuadamente o “*custo da confiança*” (CASEY; VIGNA, 2018, P.12), assegurando, por exemplo, a fiabilidade da informação que está na base dos contratos inteligentes. Desta forma, as empresas podem reduzir ou eliminar sobrecustos relativos a meios de monitorização de falhas ou fraudes que possam ocorrer nas suas transações comerciais, já que a *blockchain* permite, de forma direta e imediata, fornecer identificação dos intervenientes, localizações, características dos bens ou valores envolvidos. Sabe-se que as assimetrias de informação continuam a ser uma das falhas do funcionamento dos mercados, pelo que a *blockchain* pode contribuir também para a eliminação do desperdício e da contrafação, reduzindo custos e externalidades negativas¹⁰. Será possível obter prova da autenticidade do produto, designadamente a sua origem geográfica, assegurando os direitos dos consumidores a uma escala global, cada vez mais preocupados com as qualidades dos bens, com a sustentabilidade ambiental ou com a proteção dos direitos humanos¹¹. Consequentemente, esta tecnologia pode contribuir, de forma muito acentuada, para a diminuição da litigância e da litigiosidade.

Em terceiro lugar, a tecnologia *blockchain* pode constituir uma plataforma segura, fiável e teoricamente inviolável para as partes ou para terceiros, isto por três razões principais:

- a. A segurança dos registos é garantida por criptografia (ou seja, são encriptados). Cada utilizador tem uma chave pública e uma chave privada, servindo esta última de assinatura privada. As chaves garantem a legitimidade do utilizador signatário. De igual modo, se um registo for posteriormente alterado, a assinatura deixa de ser válida;
- b. Por se tratar, como o seu nome indica, de uma cadeia de blocos. Cada transação (juntamente com outras transações simultâneas) é verificada por todos os nós – que controlam, nomeadamente, a parte que detém o ativo – e depois integrada num bloco. Os blocos são temporalmente carimbados e inextricavelmente ligados a (ou encadeados em) blocos anteriores através de fechos criptográficos. Este procedimento torna praticamente impossível para quem quer que seja (mesmo para as partes numa transação) falsear o seu histórico sem que tal seja detetado e corrigido pelos outros nós¹²;
- c. Finalmente, pelo facto de se tratar de um livro-razão partilhado ou descentralizado, cada nó mantém uma cópia do livro-razão e os nós estão automaticamente sincronizados. Se a “cadeia” for violada num dos nós, os restantes

irão, teoricamente, detetar e corrigir automaticamente a cadeia corrompida, substituindo-a pela cadeia autêntica. Um pirata informático teria de controlar a maioria dos nós para interferir com este processo¹³.

Normalmente, as cadeias de blocos dividem-se em dois tipos diferentes, públicas ou privadas, que, resumidamente, costumam diferenciar-se da seguinte forma:

- a. Geralmente, as cadeias de blocos públicas são descritas como tendo as seguintes características: *i*) permitem a adesão de todos os utilizadores, *ii*) são anónimas e *iii*) prescindem de uma autoridade central;
- b. As cadeias de blocos privadas, provavelmente as mais adequadas para um sector regulado como o da energia, têm as seguintes características: *i*) os patrocinadores estabelecem as regras de admissão de terceiros (por exemplo, entidades licenciadas), *ii*) os participantes podem ser conhecidos na rede, *iii*) pode existir uma autoridade ou um administrador de controlo e *iv*) podem existir regras de governação específicas (por exemplo, validação dos códigos de contratos inteligentes pela autoridade reguladora, notificação automática de elementos pertinentes das transações aos reguladores e aos operadores das redes, etc.)¹⁴.

2.3 INSUFICIÊNCIAS DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN

No entanto, tal como se referiu acima, a tecnologia *blockchain* está na sua infância, não tendo ainda feito a sua maturação. Foram identificadas várias insuficiências – de natureza tecnológica e prática – nas cadeias de blocos atualmente existentes, havendo a destacar as seguintes:

- a. Segurança com velocidade e escalabilidade. As plataformas *blockchain* públicas são normalmente mais seguras, pois as transações são processadas e armazenadas em mais “nós”, mas também mais lentas e menos escaláveis, pelo menos no atual estado-da-arte. As plataformas *blockchain* privadas podem abdicar de parte da natureza descentralizada das *blockchain* (aproximando-se mais das bases de dados centralizadas tradicionais), mas oferecem soluções mais escaláveis e rápidas. A resolução deste problema – aliar a segurança (tida como a garantia da autenticidade da informação) à escalabilidade – será fundamental para a evolução da tecnologia *blockchain* (JUSKALIAN, 2018, PP.49-50);
- b. Privacidade. A *blockchain* é uma plataforma aberta e transparente. Não é fácil conciliar transparência com privacidade (algo necessário, por exemplo, quando ocorre o intercâmbio de dados pessoais), podendo ser necessária uma forte encriptação, correndo o risco de tornar a tecnologia ineficiente;
- c. Interoperabilidade. Não existe uma *blockchain* única. Em contrapartida, poderão existir muitas plataformas de *blockchain* e aplicações baseadas em *blockchain*, as quais terão de ser interoperáveis para assegurar a comunicação entre plataformas e a migração de dados. Devem existir normas comuns¹⁵;
- d. Consumo de eletricidade. Presentemente, o processamento das transações implica o consumo de grandes quantidades de eletricidade. Porém, estão já a ser desenvolvidas alternativas aos protocolos de consenso de validação das transações (MILES, 2018, p.35 ss);

- e. Desconhecimento e falta de confiança. Estes óbices só serão ultrapassados com testes (em todo os tipos de ambientes, dos de pequena aos de maior dimensão) que demonstrem a segurança da plataforma e gerem uma confiança generalizada na mesma.

3. OS DESAFIOS JURÍDICOS DA UTILIZAÇÃO DA BLOCKCHAIN

3.1 GENERALIDADES: O CARÁTER DISRUPTIVO

A História está repleta de afirmações segundo as quais o desenvolvimento tecnológico, ou particulares inovações tecnológicas, irão tornar os ordenamentos jurídicos e os esquemas regulatórios obsoletos¹⁶. Nesta medida, há quem questione se os sistemas de *blockchain* não possibilitam um *bypass* a qualquer tipo de regulação pública ou institucional, dispensando a existência de garantias jurídicas ou a intervenção de juristas¹⁷. Esta tecnologia permitiria até, segundo certa doutrina, o surgimento de um outro conjunto de regras- a *lex cryptography*- regras resultantes da auto-execução de *smart contracts* e de organizações autónomas descentralizadas (WRIGHT; DE FILIPPI, 2015, p.48 ss). Estaríamos perante um fenómeno semelhante à *Lex Mercatoria* e à *Lex Informatica*. Será então a *blockchain* um espaço livre de Direito ou uma tecnologia totalmente disruptiva da ordem jurídica?

A *blockchain* envolve uma lógica totalmente diferente do *software* e das plataformas tradicionais, suscitando por isso diversos desafios de índole jurídica e regulamentar. A sua natureza descentralizada, sem uma parte central para garantir a segurança dos dados, levanta questões de controlo e responsabilidade, e o anonimato das cadeias de blocos públicas podem dificultar a determinação da jurisdição e lei aplicáveis. A automatização das transações permitida pelos códigos informáticos (contratos inteligentes) coloca também vários desafios aos prestadores e utilizadores dos serviços de *blockchain*. Especialmente no Direito Público, de que forma podem os reguladores intervir, por exemplo na área dos serviços financeiros, assegurando o cumprimento de regras, se as transações ocorrem sem o processamento de uma entidade central ou intermediário que possa ser fiscalizado ou auditado? Por ora, dada a ausência de legislação sobre esta realidade, abundam as perguntas e escasseiam as respostas. Procuraremos explicar algumas das questões em causa¹⁸.

3.2 QUESTÕES JURÍDICAS SUSCITADAS PELA BLOCKCHAIN

Em primeiro lugar, a tecnologia *blockchain* pode suscitar dúvidas quanto à lei e à jurisdição aplicáveis se envolver transações de utilizadores de diferentes países ou anónimos, pois, neste caso, pode ser difícil determinar o local da transação (e a própria localização das partes)¹⁹. O facto de as informações presentes numa *blockchain* não serem armazenadas de forma centralizada, mas em vários nós, acentua o problema, que pode ser mais fácil de resolver nas cadeias de blocos privadas do que nas cadeias de blocos anónimas públicas.

Em segundo lugar, as próprias cadeias de blocos serão sujeitas à legislação aplicável, nomeadamente a disposições obrigatórias e imperativas dos sistemas jurídicos com os quais uma determinada *blockchain* tenha elementos de ligação pertinentes.

Será necessário aprovar legislação para tratar esta questão e estabelecer de forma clara que disposições tem a *blockchain* de observar. De preferência, a legislação deverá ser supranacional, de modo a introduzir critérios uniformes nesta matéria.

Em terceiro lugar, haverá a provável necessidade de incorporar conceitos jurídicos e disposições em códigos informáticos, o que levanta igualmente várias questões, nomeadamente como transformar linguagem jurídica, por vezes imprecisa ou subjetiva, em algo puramente objetivo. Recomenda-se também prudência: a automatização pode tornar os contratos inteligentes auto-executáveis (e, possivelmente, difíceis de inverter), pelo que as experiências deverão começar por contratos simples e objetivos. De igual modo, poderá pôr-se a questão de saber se, apesar de serem códigos informáticos, os contratos inteligentes terão de cumprir as normas e cláusulas contratuais gerais (e outra legislação relativa aos consumidores) e serão sujeitos a ações inibitórias.

Em quarto lugar, no contexto da *blockchain*, a execução das decisões judiciais pode ser problemática. Como são as decisões judiciais refletidas numa *blockchain*? Estão os tribunais ou uma dada entidade pública especialmente autorizados a incluir dados numa *blockchain*? Ou são as partes condenadas a, por exemplo, inverterem uma transação com a imposição de coimas?

Em quinto lugar, as questões ligadas à responsabilidade são de extrema importância. É de prever que sejam desenvolvidas soluções específicas para a tecnologia *blockchain* com base no *software* de *blockchain* que suporta a *bitcoin*, que foi disponibilizado pelos seus criadores como *software* de código aberto²⁰. Tal sucederá certamente com as cadeias de blocos privadas. Serão os prestadores ou vendedores de serviços de *blockchain* legalmente (quando não contratualmente) responsáveis perante os utilizadores, por exemplo, em caso de erros nos códigos? Se não o forem, os utilizadores ficarão desprotegidos. Se o forem, essa responsabilidade levá-los-á a adotar soluções que permitam algum tipo de controlo ou monitorização da *blockchain*, a fim de gerir os riscos de responsabilidade (indo assim contra a natureza intrínseca da *blockchain*)? À primeira vista, prevê-se que as soluções para a tecnologia *blockchain* sejam desenvolvidas e testadas em colaboração com empresas e agentes de um determinado sector, de modo a eliminar as questões da responsabilidade.

Em sexto lugar, a *blockchain* suscita também questões em matéria de privacidade dos dados, nomeadamente como assegurar o direito a ser esquecido numa plataforma com vetores essenciais perenes e inalterados, ou como, em geral, garantir a conformidade com a legislação em matéria de dados pessoais numa plataforma descentralizada que ninguém controla²¹. Certas posições mais radicais sugerem mesmo que a *blockchain* nem sequer é adaptável à legislação sobre proteção de dados, sendo, *pura e simplesmente, incompatível com as regras de privacy*²². Efetivamente, esta tecnologia suscita questões melindrosas relativas à proteção de dados, designadamente: i) saber se cada nó, ou interveniente, é um responsável pelo tratamento de dados na aceção do RGPD, estando, nessa medida, sujeito a exigentes obrigações impostas por este regime jurídico?; ii) saber qual é o estatuto do utilizador de uma cadeia de blocos pública, caso armazene dados no *blockchain*: será também um responsável pelo tratamento? Poderá alegar que se trata de uma atividade exclusivamente pessoal ou doméstica (alínea c), n.º2, artigo 2.º do RGPD), para se excluir do âmbito de aplicação do RGPD; iii) saber como podem os responsáveis pelo tratamento dar instruções aos subcontratantes, que tratam dos dados pessoais por conta daqueles, quando as partes

podem nem se conhecer, particularmente quando milhares de nós detenham cópias de dados relativos a milhares de utilizadores? iv) saber se as várias transações podem ser consideradas transferência internacional de dados, tendo em conta que cada nó ou utilizador pode estar em qualquer parte do mundo, suscitando questões especialmente complexas quanto à aplicação extra-territorial do RGPD (artigo 3.º)?

4. IMPACTOS POSSÍVEIS DA BLOCKCHAIN NO SECTOR ENERGÉTICO

4.1 VANTAGENS TRANSFORMATIVAS NO SECTOR ELÉCTRICO

Ao eliminar a intermediação e assegurar a automatização, a tecnologia *blockchain* poderá mudar radicalmente as formas de transação em todos os sectores. O sector energético não é exceção. Embora, em muitos casos, venham a ser necessários testes exigentes e não seja possível prever até que ponto esta tecnologia será utilizada, há casos que podem ser apontados como exemplos possíveis²³. O sector elétrico é, neste contexto, particularmente elucidativo porque a eletricidade invadiu sectores antes alimentados por outras formas de energia, como os transportes ou o aquecimento. De igual modo, a produção de eletricidade surge cada vez mais descentralizada e descarbonizada. Em vez das grandes centrais elétricas do passado, o investimento é agora canalizado para pequenas ou médias centrais de energia eólica, hidroelétrica e solar, as quais satisfarão a maioria das nossas necessidades energéticas futuras. Estas são algumas das principais tendências do sistema elétrico atual identificadas pelo Fórum Económico Mundial²⁴. A outra é a digitalização.

A digitalização conquistou todas as atividades económicas e o sector elétrico não é exceção. Antevê-se uma revolução nas redes de eletricidade que as tornará mais digitais, bidirecionais e inteligentes, acomodando a integração em larga escala da auto-produção de eletricidade (tendente à auto-suficiência), o armazenamento de eletricidade, os veículos elétricos e uma série de dispositivos que, uma vez ligados à Internet, poderão comunicar com a rede²⁵.

Mas a digitalização do sector elétrico poderá não se cingir à reinvenção dos seus componentes físicos. A esta reinvenção do *hardware* poderá juntar-se a inovação do *software* ao nível da gestão da rede elétrica. É aqui que a *blockchain* entra em cena.

No sector elétrico, estão já a ser testadas aplicações da tecnologia *blockchain* em várias partes do mundo, nomeadamente nos domínios do comércio por grosso sem intermediários (por exemplo, a plataforma Enerchain), da monitorização de redes (por exemplo, a plataforma desenvolvida pela GridSingularity), do carregamento de veículos elétricos (a aplicação que está a ser testada, por exemplo, pela RWE) ou da emissão de certificados verdes, de garantias de origem ou de outras criptomoedas para remunerar a produção de energia renovável. No contexto do comércio de energia tradicional, a *blockchain* pode permitir o comércio por grosso interpares (*peer to peer*), automatizar as transações nos mercados grossistas e acabar por eliminar os intermediários.

De facto, a *blockchain* pode proporcionar uma plataforma segura e capaz de garantir a correspondência e liquidação instantânea das transações, bem como a transparência dos preços. De igual modo, ao funcionar como livro-razão partilhado, pode permitir a manutenção de registos mútua (tornando desnecessária a duplicação de extratos e a

conciliação) e a geração automática de relatórios. Estes processos, podem, por sua vez, resultar em transações mais rápidas, mais eficiência e menores custos.

Existe já um projeto que utiliza a tecnologia *blockchain* nas transações no domínio da energia: o projeto *Enerchain*, lançado pela Ponton²⁶. Várias das grandes empresas de serviços públicos europeias estão a testá-la.

De igual modo, os contratos inteligentes podem otimizar grandemente a cadeia de abastecimento no que se refere às transações de gás e petróleo, nomeadamente permitindo a localização de ativos (através de informações objetivas, fornecidas pelos códigos QR, por GPS ou por um terceiro aceite), e tornar os contratos auto-executáveis, com a automatização da transmissão de propriedade e dos pagamentos, reduzindo o risco de litígios²⁷.

No entanto, a mais impressionante utilização desta tecnologia é a possibilidade das transações interpares entre produtores e consumidores (ou *prosumers*) em micro-redes, que correspondem a redes instaladas numa determinada comunidade que podem funcionar de forma independente e paralela à rede pública, mesmo que lhe estejam fisicamente ligadas. A lógica das micro-redes reside, no essencial, na eficiência proporcionada e no facto de permitirem evitar investimentos avultados²⁸.

A inovação terá um forte impacto no sector da eletricidade, sob a forma de produção de energia distribuída, mobilidade elétrica, armazenamento de energia, etc. Um novo universo de dispositivos virá com sensores que lhes permitirão ligar-se à Internet, comunicar e transacionar entre si (a Internet das Coisas) (FRIAS, 2018, p.2019 ss). Esta inovação contribuirá para a criação de (e, simultaneamente, exigirá) redes elétricas mais inteligentes que permitam a gestão da procura, concebidas para receber eletricidade de cada consumidor e pô-la a circular nos dois sentidos.

Ao mesmo tempo, a prevista profusão de produtores-consumidores (já designados por *prosumers*), exigirá (ou, pelo menos, recomendará) soluções capazes de acomodar a integração dos mesmos nas redes energéticas. A solução ideal para enfrentar este desafio seria a que, por ser de fonte aberta e acessível, tivesse capacidade para ser adotada em grande escala, como a tecnologia *blockchain*.

Tal como refere a *MIT Technology Review*, “a Internet das Coisas, que se espera vir a ter milhares de milhões de dispositivos autónomos interactuantes a gerar novas eficiências, não será possível se as micro-transacções entre dispositivos necessitarem de uma intermediação proibitivamente dispendiosa de livros-razão sob controlo centralizado” (CASEY; VIGNA, p.14) (tradução livre). A tecnologia *blockchain* é essencial para possibilitar esta transformação.

Dependendo da sua evolução e da sua capacidade para superar os seus desafios, a *blockchain* pode, sem dúvida, ser o *software* de suporte desta mudança de paradigma, garantindo a segurança das transações interpares (*peer to peer*) e entre máquinas (*machine to machine*) e dando aos dispositivos uma plataforma partilhada com a qual possam funcionar. Paralelamente, a Internet das Coisas ajudará a digitalizar ativos, permitindo que um gémeo digital de cada eletrão seja representado numa cadeia de blocos. Uma e outra formarão uma forte dupla na criação de uma Internet da Energia.

As transações interpares estão já a ser testadas por várias empresas estabelecidas e em fase de arranque, por exemplo, no projeto Brooklyn Microgrid, que permite a

venda de eletricidade entre vizinhos, e no projeto Power Ledger, na Austrália²⁹. Estes projetos ligam vizinhos e permitem-lhes vender a sua eletricidade excedentária ao preço por eles definido, bem como fazer o seu seguimento em segurança.

Por outro lado, o facto de o denominado pacote de Inverno, o recente pacote legislativo apresentado pela Comissão Europeia, em 30 de Novembro de 2016, ter previsto o conceito das comunidades de energia locais, constitui um sinal favorável à gestão energética a nível local (IOANNIS; ET AL., 2017).

Mesmo sem as micro-redes, as aplicações baseadas na tecnologia *blockchain* podem acabar por permitir contornar ou modificar o papel dos fornecedores de energia. De facto, as aplicações digitais construídas com base em contratos inteligentes (que automatizam os processos e eliminam custos e o dispêndio de tempo) podem permitir que os consumidores girem à distância a aquisição de eletricidade diretamente nos mercados grossistas dos produtores (mesmo fora da sua comunidade), a um preço mais baixo. A Grid + está a desenvolver um agente digital (denominado agente inteligente) que consiste numa aplicação permanentemente ativa para comprar e vender eletricidade diretamente nos mercados grossistas. Tal poderá fazer com que, no futuro, os fornecedores tradicionais se tornem prestadores de serviços tecnológicos³⁰.

A tecnologia *blockchain* permite a emissão e transação de certificados de energia renovável ou de certificados de origem, bem como a atribuição de licenças de emissão ou de outras criptomoedas a produtores de energia. Sensores instalados nas unidades de produção poderão registar os dados da produção e emitir certificados automaticamente, podendo estes ser transacionados posteriormente.

A possibilidade de gerir uma rede inteligente é outra importante utilização potencial desta tecnologia. As aplicações baseadas na tecnologia *blockchain* podem fornecer informações em tempo real sobre a oferta e a procura dos dispositivos de produção distribuída (pelo menos), permitindo uma gestão mais fluida dos regimes de equilíbrio da rede. Uma infra-estrutura em tempo real.

As redes e infra-estruturas energéticas podem igualmente ser comandadas à distância e monitorizadas em tempo real através dos contratos inteligentes, que indicarão quando efetuar, por exemplo, ações de manutenção, e poderão notificar automaticamente os prestadores de serviços para as executarem.

Por fim, a *blockchain*, juntamente com os contratos inteligentes, pode assegurar o carregamento automático de veículos elétricos e o pagamento das despesas correspondentes.

4.2 VANTAGENS TRANSFORMATIVAS NO SECTOR DO GÁS E DO PETRÓLEO

A indústria do gás e do petróleo tem vindo a orientar-se para uma progressiva intelectualização, digitalização e automação, muito embora, no que respeita à sua gestão holística, os seus processos são ainda relativamente antigos, os quais denotam uma baixa eficiência, custos excessivos e elevados riscos³¹. O processo negocial é bastante moroso e ineficiente, com necessidade de intervenção e cooperação de múltiplas partes, verificando-se que o risco de fraude e erro é bastante significativo³².

Atendendo a que este sector envolve um alto nível de complexidade nas respetivas transações, torna-se bastante evidente como a *blockchain* pode vir a ser uma ferramenta de grande importância a diversos níveis. É de notar, desde logo, como a *blockchain*, fornecendo um sistema de *tracking* do produto, ao longo da cadeia de valor, traz consigo uma multiplicidade de valências para o sector do gás e do petróleo. No caso do gás natural, é extraído dos campos de exploração e, em seguida, enviado para descarbonização e desidratação, sendo depois transportado para a instalação de liquefação, sendo em seguida armazenado. Entra depois na fase de transporte marítimo, aportando ao terminal de destino para ser regaseificado. Envolvendo este processo diversos intervenientes, através da *blockchain* estarão todos eles integrados numa base de dados comum, em que as sucessivas transações vão sendo registadas e encriptadas de forma perene³³.

Em primeiro lugar, como o petróleo e o gás são *global commodities*, envolvem transações a uma larga escala, com custos muito significativos, pelo que a *blockchain* poderia eliminar alguns desses custos, reduzindo a intervenção de intermediários nos pagamentos transfronteiriços, poupando-se tempo na validação e libertação dos fundos necessários³⁴. Em segundo lugar, pode a *blockchain* ser um valioso instrumento no controlo da flutuação dos preços de mercado do petróleo e do gás, tornando a transação mais transparente, possibilitando a cada uma das partes conhecer o registo das transações e avaliações realizadas pela sua contraparte³⁵. Em terceiro lugar, esta tecnologia pode ser um auxiliar à gestão e tomada de decisões das companhias petrolíferas, fornecendo-lhes, por exemplo, informação sobre sucessivas transmissões de propriedade, que necessitam identificar e demarcar para procederem às atividades de prospeção e exploração de gás e petróleo, à monitorização de diversos encargos fiscais resultantes das diversas transações, ou à deteção da origem última do petróleo e gás, dado que certos países produtores, não raras vezes, são alvo de sanções³⁶.

Em quarto lugar, sendo as indústrias do gás e do petróleo sectores em rede, cujas infra-estruturas são utilizadas por diversos agentes do mercado, a *blockchain* permite uma gestão muito mais eficiente de tais infraestruturas- oleodutos e gasodutos³⁷. Para além da eficiência, esta tecnologia fornece um nível de transparência que salvaguarda a concorrência, impedindo o abuso de posição dominante do proprietário ou gestor da infraestrutura, assegurando com maior eficácia o acesso de terceiros às redes.

4.3 DIFICULDADES SUSCITADAS NO SECTOR ENERGÉTICO

Não obstante as múltiplas vantagens que a *blockchain* pode vir a propiciar no sector energético, não deixam de se colocar dificuldades significativas que a ordem jurídica tem de equacionar e solucionar.

Em primeiro lugar, saber como irão as cadeias de blocos satisfazer e cumprir os requisitos regulamentares, que poderão exigir que todos os agentes do sector as integrem (para, por exemplo, permitir o pagamento de tarifas de acesso à rede reguladas). Irá isto exigir a criação de cadeias de blocos privadas? Como irão elas funcionar, por exemplo, como irão as autorizações ser concedidas e as transações ser validadas? Mais precisamente, terá a autoridade reguladora de ser o organismo de controlo da(s) cadeia(s) de blocos em causa e o validador de cada transação? Tal como refere a *MIT Technology*

Review, “um sistema privado pode fazer com que os seus titulares se sintam mais seguros, mas limita-se a dar-lhes mais controlo, o que significa que podem introduzir alterações com ou sem a concordância dos outros participantes na rede, algo que seria visto pelos verdadeiros crentes como uma violação da própria ideia da *blockchain*” (tradução livre) e um perigo para a autenticidade e a segurança (ORCUTT, 2018, p.41).

Em segundo lugar, também neste domínio se suscitam particulares questões relativas à proteção de dados que têm de ser acauteladas. A *blockchain* oferece o rastreamento da energia produzida e consumida, permitindo traçar padrões de comportamento quanto ao uso e consumo de energia. Este registo pode, porém, ser bastante intrusivo na reserva da intimidade da vida privada, revelando aspetos que vão muito para além de uma análise macrocéfala com propósitos economicistas e de promoção da sustentabilidade energética. Particular atenção deve ser atribuída ao princípio da minimização dos dados, ou seja, o tratamento de dados pessoais deve ser adequado, pertinente e limitado às finalidades previstas.

Em terceiro lugar, se a *blockchain* pode ser um instrumento de salvaguarda da concorrência, também pode ser um meio de retrocesso na imposição da separação de atividades ou *unbundling*, determinada pelo Direito europeu da energia. Particularmente em cadeias de blocos privadas, criadas por entidades privadas com fins lucrativos, podem estabelecer-se conexões com outras atividades. Por exemplo, necessidade de registo numa outra plataforma para acesso à *blockchain*³⁸.

5. CONCLUSÃO

Pode a *blockchain* fazer emergir uma dimensão situada à margem do Direito? Estaremos perante um fenómeno semelhante ao que motivou a “Declaração de Independência do Ciberespaço”, aquando do surgimento da Internet: “Governos do mundo industrial...Não tendes soberania onde nos reunimos...Os vossos conceitos de propriedade, expressão, identidade, movimento e contexto não se nos aplicam. São baseados na matéria e aqui não há matéria”³⁹. A evolução da era digital demonstrou que não só esta independência do ciberespaço era ilusória, tendo os Estados estendido, de forma natural, os seus tentáculos à internet e ao mundo virtual, através de uma regulação jurídica apertadíssima e altamente complexa, como todas estas inovações tecnológicas passaram a constituir uma ameaça crescente às liberdades individuais.

Até agora, independentemente de quão longe possa ter ido à mente humana nas transformações tecnológicas disruptivas da vida em sociedade, continua a ser válido o brocardo “ubi ius ubi societas”, mesmo que se caminhe para formas totalmente novas de regulação jurídica. Não obstante as suas múltiplas vantagens, a *blockchain*, atendendo às suas características, suscita problemas que necessitam de regulação jurídica. Sobretudo as características da descentralização e anonimidade colocam dificuldades perante valores e interesses que transcendam o círculo de interesses das partes integrantes da *blockchain*. Nesses casos faz-se sentir a necessidade de um regulador que possa garantir a integridade e a transparência do sistema, sobretudo em cadeias de blocos fechadas-existência de um participante especialmente autorizado ou qualificado.

Precisamente, esta constelação encontra um campo muito fértil nos mercados energéticos, atendendo a duas características fundamentais da política energética: a

dependência tecnológica do sector energético e a sua dimensão estratégico-política. A conjugação destes dois fatores vai certamente, dentro dos muitos que se perfilam neste contexto, constituir um desafio superlativo na evolução e implementação da *tecnologia blockchain*.

REFERÊNCIAS

- CASEY, M. J., & VIGNA, P. (2018). In blockchain we trust. MIT Technology Review, N.º 121, p. 12.
- CORREIA, F. M. (2018). **A tecnologia decentralizada de registo de dados (Blockchain) no sector financeiro**. In FinTech – Desafios da Tecnologia Financeira (p. 69ss). Almedina.
- FRIAS, H. (2018). **A Internet de Coisas (IoT) e o mercado segurador. In FinTech – Desafios da Tecnologia Financeira** (p. 219ss). Almedina.
- GOMES, D. P. (2018). **Contratos ex machina**: breves notas sobre a introdução da tecnologia Blockchain e Smart Contracts. Revista Electrónica de Direito, N.º 18, p. 42.
- IOANNIS, K., (2017). **Blockchain in Energy Communities**. Retrieved from Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia : [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC110298/del.344003.v09\(1\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC110298/del.344003.v09(1).pdf)
- JUSKALIAN, R. (2018). **The Place Where Life Hangs By A Chain**. MIT Technology Review, n.º 121, pp. 49-50.
- MILES, K. (2018). **The little coin that ate Quebec**. MIT Technology Review, N.º 121, p. 35 e seguintes.
- ORCUTT, M. (2018). **How secure is blockchain really?** MIT Technology Review, p. 41.
- WRIGHT, A., & De FILIPPI, P. (2015). **Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia**. Retrieved from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2580664

Recebido em: 03 de setembro de 2019. Aprovado em: 02 de novembro de 2019.
--

'NOTAS DE FIM'

1 Fórum Económico Mundial, *"The Future of Electricity – New Technologies Transforming the Grid Edge"*, Março de 2017, disponível em <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-electricity-new-technologies-transforming-the-grid-edge>.

2 *Idem*.

3 Para consultar uma descrição mais técnica da tecnologia, ver, por exemplo, o documento *"Distributed Ledger Technology & Cybersecurity – Improving information security in the financial sector"* da Agência da União Europeia para a Segurança das Redes e da Informação, de Dezembro de 2016, disponível em <https://www.enisa.europa.eu/publications/blockchain-security>.

4 Cfr. Aaron Wright/Primavera De Filippi, *"Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia"*, 2015, p. 5, disponível em https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2580664.

5 *Idem*.

6 Para consultar uma descrição deste potencial da *blockchain*, ver Conselho Mundial da Energia, *"The Developing Role of Blockchain, White Paper, Version 1.0"*, disponível em https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/11/Blockchain_full-paper_FINAL.pdf, pp. 10 e seguintes.

7 Cfr. *"Blockchain: Overview of the potential applications for the oil and gas markets and the related taxation implications"*, Deloitte, 2017, pp. 2-3.

8 Embora os dados possam ser encriptados para assegurar a privacidade.

9 Ver o artigo *"The trust machine"* em <https://www.economist.com/leaders/2015/10/31/the-trust-machine>.

10 Cfr. Adam J. Sulkowski, *"Blockchain, law, and business supply chains: the need for governance and legal frameworks to achieve sustainability"*, p. 4, disponível em https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3205452.

11 Cfr. Adam J. Sulkowski, *"Blockchain...cit."*, p. 4.

12 Para consultar uma descrição mais aprofundada e técnica destas duas primeiras características, ver Wulf. A. Kaal e Craig Calcaterra, *"Crypto Transaction Dispute Resolution"*, 2017, pp. 15 e seguintes, disponível em https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2992962.

13 Num sentido semelhante, ver Francisco Mendes Correia, *"A tecnologia descentralizada de registo de dados (Blockchain) no sector financeiro"*, in *"FinTech – Desafios da Tecnologia Financeira"*, Almedina, 2018, pp. 69 e seguintes.

14 Para consultar uma descrição mais pormenorizada de cada tipo de cadeia de blocos,

ver, por exemplo, o documento “*Blockchain in logistics – perspectives on the upcoming impact of blockchain technology and use cases for the logistics industry*”, 2018, DHL Trend Research and Accenture, disponível em <https://www.logistics.dhl/.../glo-core-blockchain-trend-report.pdf>.

15 Relativamente à necessidade de normas comuns para a tecnologia *blockchain*, ver “*Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value*”, McKinsey & Company, Junho de 2018, disponível em <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value>.

16 Cfr. Christopher Millard, “Blockchain and law: incompatible codes?”, *Computer Law and Security Review*, 2018, p. 843.

17 Cfr. Adam J. Sulkowski, “Blockchain...cit., p. 3.

18 Para ler sobre questões semelhantes às aqui abordadas e a outras, ver, por exemplo, o artigo da DLA Piper “*Blockchain: background, challenges and legal issues*”, 2017, disponível em <https://www.dlapiper.com/en/uk/insights/publications/2017/06/blockchain-background-challenges-legal-issues/>, e Pels Rijcken & Droogleever Fortuijn, “*White paper: Legal aspects of blockchain*”, disponível em https://www.pelsrijcken.info/media/563915/whitepaper_blockchain_engels.pdf.

19 Sobre esta questão e os mecanismos de resolução de litígios internos numa *blockchain*, ver Wulf. A Kaal e Craig Calcaterra, “*Crypto Transaction Dispute Resolution*”, supramencionada.

20 O *software* da *bitcoin* foi disponibilizado pelo(s) seu(s) criador(es) nos termos de uma licença MIT, um modelo de licença que permite a qualquer pessoa copiar ou alterar o *software* sem custos nem outras condições para além da menção aos direitos de autor. Ver <https://opensource.org/licenses/MIT> e <https://bitcoin.org/en/bitcoin-paper>.

21 Ver o artigo 17.º do Regulamento (UE) n.º 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho (Regulamento Geral de Protecção de Dados).

22 Cfr. Christopher Millard, “Blockchain...cit., p. 844, aludindo à posição de Jan Philip Albrecht, deputado europeu que teve um papel preponderante no processo de aprovação do Regulamento Geral de Protecção de Dados.

23 Para consultar exemplos de utilizações da tecnologia *blockchain* no sector da energia, ver, por exemplo, “*What every utility CEO should know about blockchain*”, McKinsey & Company, 2018, disponível em <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/what-every-utility-ceo-should-know-about-blockchain#0>, e “*Can blockchain help us to address the world’s energy issues*”, Fórum Económico Mundial, 2018, disponível em <https://www.weforum.org/agenda/2018/01/how-can-blockchain-address-the-worlds-energy-issues/>; ou M. Andoni/V. Robu/D. Flynn/S. Abram/D. Geach/D. Jenkins/McCallum/A. Peacock, “*Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities*”, Re-

newable and Sustainable Energy Reviews, 2019, p. 151 e segs.

24 Fórum Económico Mundial, *"The Future of Electricity – New Technologies Transforming the Grid Edge"*, Março de 2017, disponível em <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-electricity-new-technologies-transforming-the-grid-edge>.

25 *Idem*.

26 Ver <https://enerchain.ponton.de/>. Para consultar uma descrição mais pormenorizada do potencial destas plataformas, ver https://www.ponton.de/downloads/mm/Potential-of-the-Blockchain-Technology-in-Energy-Trading_Merz_2016.en.pdf.

27 Ver, por exemplo, o documento da Deloitte *"Blockchain: Overview of the potential applications for the oil and gas market and the related taxation implications"*, Abril de 2017, disponível em <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-oil-gas-blockchain-article.pdf>.

28 Ver, por exemplo, *"Use Cases for Blockchain Technology in Energy & Commodity Trading"*, PwC, 2017, disponível em <https://www.pwc.com/gx/en/industries/assets/blockchain-technology-in-energy.pdf> e *"Blockchain – an opportunity for energy producers and consumers"*, PwC, 2015, disponível em <https://www.pwc.com/gx/en/industries/assets/pwc-blockchain-opportunity-for-energy-producers-and-consumers.pdf>.

29 Ver <https://lo3energy.com/> e <https://powerledger.io/>, respectivamente. Existem outros exemplos, por exemplo, no Japão – ver <https://cleantechnica.com/2018/07/09/peer-to-peer-solar-energy-trading-trial-in-japan-will-use-blockchain-solar-power-energy-trading-trial-in-japan-using-blockchain/>.

30 Ver <https://gridplus.io/>.

31 Cfr. HONGFANG LU/KUN HUANG/MOHAMMADAMIN AZIMI/LIJUN GUO, "Blockchain technology in the oil and gas industry: a review of applications, challenges, opportunities and risks", IEEE Access · March 2019, p. 41427.

32 Cfr. HONGFANG LU/KUN HUANG/MOHAMMADAMIN AZIMI/LIJUN GUO, "Blockchain...cit., p. 41427.

33 Cfr. HONGFANG LU/KUN HUANG/MOHAMMADAMIN AZIMI/LIJUN GUO, "Blockchain...cit., p. 41434.

34 Cfr. "Blockchain: Overview...cit., p. 3.

35 Cfr. HONGFANG LU/KUN HUANG/MOHAMMADAMIN AZIMI/LIJUN GUO, "Blockchain...cit., p. 41433.

36 Cfr. "Blockchain: Overview...cit., p. 3-4.

37 Cfr. HONGFANG LU/KUN HUANG/MOHAMMADAMIN AZIMI/LIJUN GUO, "Blockchain...cit., p. 41434.

38 Cfr. Thibault Schrepel, "Is Blockchain the death of Antitrust Law?" *Georgetown Law Technology Review* / *3 Geo. L. Tech. Rev.* 281, 2019, p. 312 ss.

39 Cfr. John Perry Barlow, "A Declaration of the Independence of Cyberspace", 8 de Fevereiro de 1996, in <https://www.eff.org/cyberspace-independence>.